

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ МЕХАТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Коробчук М.В., Веригин А.Н., Мазур А.С.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), Санкт-Петербург, Россия*

Ключевые слова: мехатроника, междисциплинарный подход, мехатронный технологический комплекс (МТК), мехатронный модуль, инженерные дисциплины.

Аннотация. В статье рассмотрены особенности профессиональной подготовке инженеров механиков для химической промышленности с точки зрения современных тенденций развития мехатроники. С этих позиций, с кратким указанием сути, перечисляются области знаний (дисциплины), овладение которыми необходимо при технической подготовке профессиональных инженерных кадров.

FEATURES OF THE TRAINING OF ENGINEERS OF MECHATRONIC COMPLEXES OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL

Korobchuk M.V., Verigin A.N., Mazur A.S.

Saint-Petersburg State Technological Institute, Saint-Petersburg, Russia

Keywords: mechatronics, interdisciplinary approach, mechatronic technological complex (MTC), mechatronic module, engineering disciplines.

Abstract. The article provides information about the features of the professional training of engineering personnel for the chemical engineering industry. The areas and areas of technical training that are mandatory for a specialist involved in the design of mechatronic technological complexes for the chemical industry are listed.

Развитие мехатроники в связи развитием микроэлектроники и микропроцессорной техники создало условия для нового качественного скачка не только в области автоматизации химико-технологических процессов, но и в развитии функциональных возможностей объектов техники, связанных с воздействием на обрабатываемую среду. Традиционно, химическая технология является достаточно инертной областью технической деятельности человека. Оборудование химических производств эксплуатируется в течение достаточно продолжительных периодов времени, а его замена или модернизация связана с весьма существенными временными и экономическими затратами. В условиях современных достижений, когда технологии устаревают быстрее, чем изнашивается применяемое для их реализации оборудование, крайне важным оказывается выполнение требования к проектированию с учетом последних технических достижений. Такой подход требует высококвалифицированного персонала как на этапе ввода оборудования в эксплуатацию, так и на этапе его проектирования.

Мехатроника традиционно воспринимается как составляющая или дополняющая такие области технического знания, как робототехника и машиностроение. Несмотря на то, что каждое из направлений весьма разносторонне и разнообразно в вариантах своей реализации, ограничиваться достижениями только в них будет не совсем правильно [1]. Использование принципов мехатроники, при создании объектов техники химической технологии имеет большую перспективу.

Яркими примерами областей внедрения, обладающими большим потенциалом развития и перспективными с точки зрения дальнейшей эволюции (создания оборудования нового поколения) могут служить технологии, реализованные на основе вибрационного воздействия.

В химической технологии вибрация может использоваться для интенсификации самых разнообразных процессов. Анализ показывает, что из всего многообразия аппаратуры и машин, относящихся к технологическому оборудованию, современные технико-экономические требования на уровне полной автоматизации, прежде всего, могут быть удовлетворены именно в области вибрационной техники. Однако вопросы разработки и проектирования вибрационных установок и технологических комплексов на основе мехатронных систем управления (МТК) требуют учета ряда специфических особенностей [2].

Опыт применения *гармонических колебаний* можно считать традиционным и к настоящему времени получившим наибольшее распространение [3, 4]. Машины и аппараты, которые реализуют их полезные эффекты, достаточно хорошо изучены, а результаты исследований изложены в большом количестве разнообразных публикаций. Несколько иначе обстоят дела в области колебаний нелинейных динамических систем, когда используются эффекты нелинейности геометрической и физической природы, которые проявляются как в упругой среде, так и в характере воздействия возмущающей силы. При наличии разработанной теории, практических работ, по использованию нелинейных колебаний крайне мало, но, даже существующих достаточно, чтобы понять перспективность их применения.

Использование *нелинейных систем*, возможность изменения режима работы в реальном времени, а также гибкая адаптивная подстройка под характеристики обрабатываемой среды позволяет говорить о принципиальном переходе вибрационного оборудования к новому поколению техники. Тут, однако, следует помнить о требующих учета целого ряда научно-технических задач, обусловленных необходимостью решения вопросов, связанных с управлением, математическим и компьютерным моделированием, а также экспериментальными исследованиями, которые напрямую связаны с необходимостью разработки МТК, снабженных средствами контроля, измерения и управления. Именно сложность настройки и управления режимом работы являлась одной из основных проблем, стоящих на пути реализации эффекта нелинейных колебаний в конструкциях вибрационной техники технологического назначения. Современные достижения в области

механики, электроники, вычислительной техники и теории управления, приведшие к появлению науки – мехатроники – позволят решить эту проблему.

Анализ состояния агрегатов, входящих в механическую и электрическую части оборудования, мониторинг и оценка режима работы (включая гидродинамический режим, характеристики среды и т.д.) в реальном времени, автоматическая гибкая адаптивная подстройка под меняющиеся условия – далеко не полный перечень возможностей МТК. Технологические комплексы, построенные на принципах использования обратных связей и управления режимом работы (параметрами колебаний, нелинейностью системы), позволяют существенно повысить общую эффективность тепло и массообменных процессов химической технологии, существенно снизив затраты на их обслуживание, настройку и управление. Авторы убеждены, что переход от традиционного химического аппарата к МТК является следующим этапом эволюции химического оборудования, итогом которой можно считать появление МТК, обеспечивающих не только высокое качество протекания процессов и получаемых конечных продуктов, но и соответствующих требованиям по высокой энергетической эффективности, общей безопасности, надежности и технологичности.

Подготовка специалистов

Важной составляющей проектирования МТК является соответствующая подготовка инженерных кадров. Проведение исследований на высоком техническом уровне возможно лишь при условии привлечения высококвалифицированных специалистов (конструкторов, расчетчиков, электронщиков, программистов) и потребует отдельного решения непростых вопросов организации их взаимодействия. Результатом комплексного подхода к созданию МТК, является гибкость и ускорение проектирования. Поэтому инженеры нуждаются в навыках и знаниях, которые не ограничиваются одной предметной областью. Это приведет к созданию более легко модифицируемой и перепрограммируемой техники, а также дает возможность осуществлять автоматизированный сбор данных и отчетности об ее работе. При этом необходима подготовка инженеров, способных применять междисциплинарный подход к ее созданию. Такие инженеры нуждаются не просто в навыках и знаниях из нескольких самостоятельных предметных областей, а еще должны быть способны работать с имеющейся информацией и строить профессиональное общение (диалог) по целому ряду инженерных дисциплин узкой специализации.

В таблице 1 перечислены дисциплины, перечень которых составлен на основании многолетнего опыта практической работы авторов. Они должны составлять основу базовой подготовки специалиста, в чьи обязанности входит решение задач создания МТК.

Авторы не берутся утверждать, что представленный перечень исчерпывающ и ставят своей целью определить лишь необходимый объем и

направленность знаний, на основании которых могут быть подготовлены современные специалисты, способные создавать объекты техники мехатронной направленности для применений в химической промышленности в рамках междисциплинарного подхода. Ниже, с целью однозначной трактовки, приводится краткая характеристика каждого из перечисленных пунктов.

Табл. 1. Структура курса «Мехатронные технологические комплексы»

МЕХАТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ		
Введение в мехатронику	Образующие дисциплины	Логические контроллеры
Датчики мехатронных комплексов		Системы связи
Формирование сигналов		Методы поиска неисправностей
Преобразование сигналов		Физические модели
Цифровая логика		Системные модели
Представление данных		Динамические реакции систем
Пневмо- и гидроприводы		Функции передачи систем
Механические приводы		Частотные характеристики
Электрические приводы		Нечеткость при управлении
Микропроцессоры и микроконтроллеры		Контроллеры с замкнутым контуром управления
Системы ввода или вывода		Примеры мехатронных комплексов

Введение в мехатронику: дисциплина призвана дать понимание, что собой представляет мехатроника, как область технического знания и обозначает ее значимость в инженерном проектировании [5].

Датчики мехатронных комплексов: в дисциплине перечисляются получившие распространение в химической технологии датчики, дается описание их характеристик, объясняется принцип действия [6, 7].

Формирование сигналов: в дисциплине описываются различные сигналы и приводятся требования к их формированию [8].

Преобразование сигналов: при преподавании дисциплины поясняются цель и суть методов используемых для преобразования сигналов [9].

Цифровая логика: цель дисциплины, дать представление о синтаксисе, используемом для описания работы логических элементов и привить навыки его практического применения.

Представление данных: дисциплина призвана пояснить принципы построения и работы систем измерения [10].

Пневматические и гидравлические приводы: дисциплина призвана помочь усвоить основы проектировать системы управления, которые содержат гидравлические или пневматические линии, регулирующие клапаны, исполнительные механизмы [11].

Механические приводы: при освоении дисциплины изучаются различные механические приводы для передачи движения и законы их работы [12].

Электрические приводы: при освоении дисциплины изучаются получившие распространение в химической промышленности электрические приводы и системы их управления [13, 14].

Микропроцессоры и микроконтроллеры: дисциплина включает изучение основ структуры микропроцессорной системы, архитектуру наиболее распространенных микропроцессоров и то, как реализуется их встраивание в микропроцессорные системы [10, 15].

Системы ввода или вывода: при изучении дисциплины будущий специалист получает представление о различных интерфейсах и способах реализации.

Логические контроллеры: в дисциплине описывается структура программируемого логического контроллера, принципы его работы и программирования.

Системы связи: в дисциплине описываются существующие сетевые конфигурации и методы передачи данных, используемые протоколы и распределенные системы управления: централизованные, иерархические и прочее.

Методы поиска и устранения неисправностей: дисциплина содержит описание методов, применяемых для выявления с помощью аппаратного и программного обеспечения неисправностей в микропроцессорных системах.

Физические модели МТК: в дисциплине описываются различные физические модели МТК, применяемые для прогнозирования их поведения.

Системные модели МТК: дисциплина призвана дать представление о структуре и концепциях объединения их блоков для создания моделей МТК.

Динамические реакции систем: дисциплина изучает особенности поведения динамических системы, с помощью дифференциальных уравнений.

Функции передачи систем: в дисциплине для передаточной функции используя преобразования Лапласа, формируются описания теоретических моделей, состояния выходов устройства для каждого из возможных входов.

Частотные характеристики систем управления: дисциплина призвана сформировать навыки анализа и управления частотными характеристиками систем. [16].

Контроллеры с замкнутым контуром управления: при изучении дисциплины специалист учится прогнозировать поведение систем с пропорциональным, интегральным, производным, пропорциональным плюс интегральным, пропорциональным плюс производным и ПИД – регулированием [17].

Нечеткие системы и управления: в дисциплине изучаются вопросы взаимодействия с «интеллектуальными» машинами и их возможности, «искусственный интеллект» и «нечеткая логика» [18].

Мехатронные технологические комплексы: в дисциплине изучаются существующие и возможные решения проблем проектирования и анализа тематических исследований с точки зрения мехатроники [19, 20].

Заключение

Химическое машиностроение – очень разносторонняя область инженерной деятельности, обладающая неисчерпаемым потенциалом с точки зрения совершенствования и внедрения, современных научно-технологических решений. Ограничивать возможности мехатроники только робототехникой будет не совсем правильно. Использование идеологии мехатроники, при создании объектов техники химической технологии (МТК) имеет большую перспективу и в ближайшее время позволит нашей стране в сфере химического машиностроения выйти на мировой уровень.

Список литературы

1. Смирнов Ю.С., Кацай Д.А., Функ Т.А., Анисимов Я.О. Особенности информационного обеспечения безредукторных электромехатронных преобразователей // Материалы конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2014). – СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2014. – С. 729-737.
2. Андриевский Б.Р., Блехман И.И., Борцов Ю.А., Гаврилов С.В., Коноплев В., Лавров Б.П., Поляхов Н.Д., Томчина О.П., Фрадков А.Л., Шестаков В.М. Управление мехатронными вибрационными установками. – СПб.: Наука, 2001. – 278 с.
3. Коробчук М.В., Веригин А.Н. Аппараты виброперемешивания. Обзор конструкций и тенденции развития // Химическая технология. – 2022. – Т. 23, – №2. – С. 80-96.
4. Коробчук М.В., Веригин А.Н. Обзор современных вибрационных смесителей сыпучих материалов и тенденции их развития // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – №4(32). – С. 32-45.
5. Нарышкин А.К. Цифровые устройства и микропроцессоры. – М.: ИЦ "Академия", 2006. – 320 с.
6. Виглеб Г. Датчики. – М.: Мир, 1989. – 196 с.
7. Управляющие системы и автоматика: Пер с нем. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
8. Егоров О.Д., Подураев Ю.В. Конструирование мехатронных модулей: учебник. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2004. – 360 с.
9. Попович М.Г., Лозинский О.Ю., Клетков В.Б. Электромеханические системы автоматизации и электропривод. – К.: Либшь, 2005. – 678 с.
10. Микропроцессоры: учебник для студентов вузов: в 3-х кн. / ред. Л.Н. Преснухин. – М.: Высшая школа, 1986. – Кн. 1: Архитектура и проектирование микро-ЭВМ. Организация вычислительных процессов / П.В. Нестеров, В.Ф. Шаньгин и др. – 1986. – 495 с.
11. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 697с.
12. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
13. Алиев М.Т., Буканова Т.С. Микропроцессорные системы управления электроприводами: учебное пособие. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 124 с.

14. Раннев Г.Г., Суругина В.А., Калашников В.И. Информационно-измерительная техника и электроника. – М.: Академия, 2006. – 512с.
15. Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Гидравлические и пневматические системы: Учебник / Под ред. Беленкова Ю.А. – М.: Академия, 2004. – 336с.
16. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 400 с.
17. Тэрано Т., Асаи К., Сугэно К. Прикладные нечеткие системы. – Токио: Омся, 1993. – 368 с.
18. Сторожев В.В., Феоктистов Н.А. Системотехника и мехатроника технологических машин и оборудования: Монография / под ред. д.т.н., профессора Феоктистова Н.А. – М.: Дашков и К, 2016. – 412 с.
19. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. АЦП / ЦАП. – М.: Техносфера, 2006. – 392 с.
20. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. – М.: Техносфера, 2006. – 592 с.

References

1. Smirnov Yu.S., Katsai D.A., Funk T.A., Anisimov Ya.O. Features of information support for gearless electromechanical converters // Materials of the conference "Information technologies in management" (ITU-2014). – St. Petersburg.: JSC "Concern "Central Research Institute "Electropribor", 2014. – P. 729-737.
2. Andrievsky B.R., Blekhman I.I., Bortsov Yu.A., Gavrillov S.V., Konoplev V., Lavrov B.P., Polyakhov N.D., Tomchina O.P., Fradkov A.L., Shestakov V.M. Control of mechatronic vibration installations. – SPb.: Science, 2001. – 278 p.
3. Korobchuk M.V., Verigin A.N. Vibration mixing devices. Review of constructions and development trends // Chemical Technology. 2022, vol. 23, no. 2, pp. 80-96.
4. Korobchuk M.V., Verigin A.N. Review of modern vibrating mixers of bulk materials and trends in their development // South Siberian Scientific Bulletin. 2020, no. 4(32), pp. 32-45.
5. Naryshkin A.K. Digital devices and microprocessors. – М.: Ph. "Academy", 2006. – 320 p.
6. Vigleb G. Sensors. – М.: World, 1989. – 196 p.
7. Control systems and automation: Translated from German. – М.: Technosphere, 2007. – 584 p.
8. Egorov O.D., Poduraev Yu.V. Designing mechatronic modules: textbook. – М.: MSTU "STANKIN", 2004. – 360 p.
9. Popovich M.G., Lozinsky O.Yu., Kletkov V.B. Electromechanical automation systems and electric drive. – К.: Libsch, 2005. – 678 p.
10. Microprocessors: textbook for university students: in 3 books. / ed. L.N. Presnukhin. – М.: Higher School, 1986. – Book 1: Architecture and design of microcomputers. Organization of computational processes / P.V. Nesterov, V.F. Shang'in et al. – 1986. – 495 p.
11. Klyuchev V.I. Theory of electric drive. – М.: Energoatomizdat, 2011. – 697 p.
12. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines. – М.: Science, 1988. – 640 p.
13. Aliyev M.T., Bukanova T.S. Microprocessor control systems of electric drives: textbook. – Yoshkar-Ola: Volga State Technological University, 2017. – 124 p.
14. Rannev G.G., Suругina V.A., Kalashnikov V.I. Information and measurement technology and electronics. – М.: Academy, 2006. – 512 p.
15. Lepeshkin A.V., Mikhailin A.A. Hydraulic and pneumatic systems: Textbook / Ed. Belenkova Yu.A. – М.: Academy, 2004. – 336 p.

16. Jackson R.G. The latest sensors. – М.: Technosphere, 2008. – 400 p.
17. Terano T., Asai K., Sugeno K. Applied fuzzy systems. – Tokyo: Omsk, 1993. – 368 p.
18. Storozhev V.V., Feoktistov N.A. System engineering and mechatronics of technological machines and equipment: Monograph / edited by Doctor of Technical Sciences, Professor Feoktistov N.A. – М.: Dashkov and K, 2016. – 412 p.
19. Rathor T.S. Digital measurements. ADC / DAC. – М.: Technosphere, 2006. – 392 p.
20. Frieden J. Modern sensors. Handbook. – М.: Technosphere, 2006. – 592 p.

Коробчук Максим Васильевич – кандидат технических наук, преподаватель кафедры механики	Korobchuk Maksim Vasilyevich – candidate of technical sciences, lecturer of the Department of mechanics
Веригин Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой мехатронных технологических комплексов	Verigin Aleksandr Nikolaevich – doctor of technical sciences, professor, head of the Department mechatronic technological complexes
Мазур Андрей Семенович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой химической энергетики	Mazur Andrey Semenovich – doctor of technical sciences, professor, head of the Department of chemical energy
korobchuk_max@mail.ru	

Received 12.12.2022